



AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ENVOLTÓRIA EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES EM BRASÍLIA

Juliana Andrade (1); Cláudia Naves David Amorim (2)

(1) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília e Politécnic de Turim, Itália.
julianaabs@gmail.com

(2) Dr^a, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo. clamorim@unb.br
Universidade de Brasília, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Controle Ambiental e Eficiência Energética, Caixa postal 04431 - CEP:70904-970 - Brasília – DF, Tel: (61) 3107-7453

RESUMO

Este trabalho aborda a eficiência energética em edifícios residenciais, tendo como estudo de caso dois edifícios situados no setor Noroeste de Brasília, DF, intitulado pelo setor imobiliário como bairro sustentável e atualmente em processo de construção. Para tal, foram determinados os níveis da eficiência energética de dois projetos de edifícios por meio do método presente no “Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética dos Edifícios Residenciais” (INMETRO, 2010), como parte do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações - **PROCEL Edifica**. A partir da análise dos projetos verificou-se que na classificação proposta que varia do nível “A” (mais eficiente) ao “E” (menos eficiente) as envoltórias de ambos os edifícios alcançaram nível “D”. Isto em razão dos seguintes fatores: ausência de ventilação cruzada, quantidade de paredes voltadas para o exterior em cada ambiente, grande quantidade de superfícies envidraçadas, grande número de aberturas que dificultam a ventilação natural, ausência de proteções solares nas aberturas e valores de transmitância e absorvância dos materiais utilizados. Ao fim da análise constatou-se que para estes edifícios alcançarem o nível mínimo de eficiência imposto pelo “Manual Verde” do bairro (nível “C”), estes deveriam apresentar um sistema de aquecimento de água de nível “A”, ou combinar uma boa eficiência desse sistema (nível “B”) com bonificações que conferem pontuações extras no cálculo final da eficiência energética do edifício.

Palavras-chave: eficiência energética, edifícios residenciais, RTQ-R.

ABSTRACT

This article discusses the energy efficiency in residential buildings. Was studied two buildings located in Northwest sector in Brasília, considered sustainable neighbourhood by the real state sector. This, were determined the levels of energy efficiency through the method contained in the Technical Regulation of the Quality Level of Energy Efficiency for Residential Buildings. After the analysis of projects, it was found that the skin of the studied buildings were “D” in the classification that going from “A” to “E”. The factors for this are: lack of ventilation flow, number of indoor wall’s facing outwards, large amount of glass surfaces, etc. It was noted that these buildings should have a water heating system at the “A” level, or combine a water heating system at the “B” level with subsidies that give scores in the calculation of efficiency, to meet the requirements of the “Green Manual” neighbourhood (“C” level), They should present a system for heating water level" A ", or combine a good efficiency of this system (" B "level) with scores that give extra bonuses in the final calculation of the energy efficiency of the building.

Keywords: energy efficiency, residential buildings, Technical Regulation of the Quality Level of Energy Efficiency for Residential Buildings.

1. INTRODUÇÃO

O Setor Noroeste é um projeto de bairro, pensado como o último setor habitacional a ser construído dentro da área tombada de Brasília. Sua localização foi pensada de maneira geograficamente oposta ao Setor Sudoeste. Assim, ele seria construído numa área acima da Asa Norte, próxima ao Setor Militar.

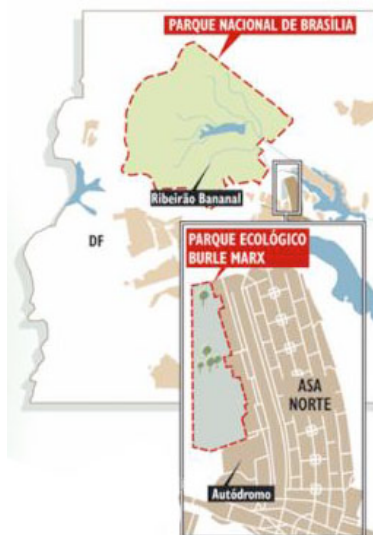


Figura. 01: localização do bairro Noroeste
(fonte: Terracap. Imagem disponível em: www.brasilia.olix.com.br. Acesso em: jan.2011)

O Parque Ecológico Burle Marx separará a Asa Norte do Noroeste, que terá 210 projeções residenciais e 175 comerciais.

O setor Noroeste foi pensado como um bairro destinado a segmentos de alta renda da cidade com a promessa do metro quadrado mais caro de Brasília e com previsão de habitações para 40 mil pessoas. (SCHVARSBERG, 2009)

Dentre tantos aspectos controversos que envolvem a construção do bairro, como por exemplo a presença indígena no local, o falso déficit habitacional da classe alta na cidade (que contraria a necessidade de construção do bairro) e problemas com a licença ambiental (o bairro será construído em cima da última área de cerrado nativo do Plano Piloto, e dentro de uma Área de Proteção Ambiental - APA), o aspecto que mais interessa para a abordagem deste trabalho é a auto-intitulação do projeto como sendo a primeira Ecovila do país.

O bairro, atualmente, encontra-se em processo de certificação ambiental LEED-ND (*Neighborhood Development*). Tal certificação será concedida caso o bairro alcance os critérios estabelecidos pelo USGBC (United States Green Building Council). Para isto, a Terracap, órgão governamental responsável pela administração das terras públicas do Distrito Federal, lançou em janeiro de 2009 o "Manual Verde" (TERRACAP, 2009) para o bairro Noroeste, que vincula as práticas construtivas e projetuais do bairro a normas específicas para este fim.

O Manual Verde também faz referência à diretrizes para os projetos dos futuros empreendimentos, sejam estes residenciais ou não. Dentre as diretrizes, destacam-se aquelas que se referem à gestão de resíduos sólidos durante a construção, ao uso racional de água, captação de energia solar para as edificações e à eficiência energética das mesmas. (TERRACAP, 2009)

Ainda neste trecho do Manual Verde, fica previsto que 30 dias após lançamento oficial do RTQ-R pelo PROCEL, os edifícios residenciais deverão comprovar que obtiveram, no mínimo, nível "C" na classificação de sua eficiência energética.

Neste contexto, e tendo em vista o objetivo do bairro, a questão da eficiência energética das futuras edificações é um dos argumentos primordiais que despontam quando da iminência de sua concretização como bairro habitado.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência energética de edificações multifamiliares projetadas para o bairro Noroeste, em Brasília, com foco na envoltória, através da metodologia proposta pelo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R).

Através da avaliação do nível de eficiência energética, o trabalho pretende apontar se os atuais projetos para este bairro de alto padrão e de pretensões sustentáveis alcançam os níveis mínimos de eficiência energética exigidos pelo "Manual Verde" do próprio bairro.

3. MÉTODO

3.1. Descrição do procedimento para determinação da eficiência energética de edifícios residenciais segundo o regulamento (RTQ-R)

Para que se possa determinar o nível da eficiência energética de um edifício residencial como um todo, deve-se avaliar o nível da eficiência de cada um dos ambientes de permanência prolongada do edifício em questão, e, ao fim, ponderar os valores encontrados pelas áreas correspondentes.

A determinação do desempenho energético de edifícios residenciais, de acordo com o regulamento em questão, baseia-se na avaliação de pré-requisitos estabelecidos para cada zona bioclimática do país (a depender da faixa de eficiência pretendida), da avaliação do desempenho da envoltória através de cálculo prescritivo ou simulação computacional, e por fim, da avaliação dos sistemas de aquecimento de água e eventuais bonificações presentes no projeto que comprovem aumento na eficiência do edifício.

Os pré-requisitos referem-se à transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT) e absorptância solar das superfícies (α), à ventilação e à iluminação natural, e são avaliados em cada ambiente de cada unidade autônoma (UH) do edifício, separadamente. Ou seja, localizados os ambientes de permanência prolongada do edifício, e levando em conta a zona bioclimática que este se encontra, confere-se se cada um destes ambientes responde às características mínimas impostas pelo regulamento nos quesitos acima relacionados, caso não responda, este será penalizado individualmente na ponderação final que resultará no nível da eficiência do edifício.

A tabela 01 relaciona os pré-requisitos de transmitância térmica (U), capacidade térmica (CT) e absorptância solar das superfícies (α). O não atendimento a estes pré-requisitos implica em nível E no ambiente.

Tabela 01: Pré-requisitos de absorptância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para Brasília (Zona Bioclimática 04) - (Fonte: RTQ-R, baseado nas NBR 15.575-4, NBR 15.575-5 e NBR 15220-3)

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem

Existem dois pré-requisitos sobre ventilação natural. O primeiro estabelece que ambientes de permanência prolongada e cozinhas devem possuir percentual de áreas mínimas de aberturas para ventilação, conforme a Tabela 02. O não atendimento a este pré-requisito implica em nível E nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb). O segundo determina que a UH deve possuir ventilação cruzada proporcionada por sistema de aberturas compreendido pelas aberturas externas e internas, e que a proporção dessas aberturas deve atender à Equação 02. Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento (EqNumEnvResfr).

Tabela 02: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área de piso (Fonte: RTQ-R, adaptado de NBR 15575-4)

Ambiente	Abertura para ventilação (A)		
	ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada e cozinha	$A \geq 8$	$A \geq 5$	$A \geq 10$

Onde:

A: abertura para ventilação em relação à área de piso (%) calculado como A_A / A_p ;

A_A : área efetiva de abertura para ventilação (m^2), sendo que para o cálculo desta área somente são consideradas as aberturas que permitam a livre circulação do ar, devendo ser descontadas as áreas de perfis, vidros e de quaisquer outros obstáculos.

A_p : área de piso do ambiente (m^2).

$$A_2/A_1 \geq 0,25$$

Equação 01

Onde:

A_1 : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m^2);

A_2 : somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m^2).

No que toca a iluminação natural, as exigências são feitas somente para ambientes que tenham alcançado nível “A” no cálculo prescritivo. Para eles, fica determinado que a soma das áreas de aberturas para iluminação natural deve corresponder a no mínimo 1/8 da área do piso. O não atendimento a este pré-requisito implica na obtenção de no máximo nível “B” no equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv).

Para a realização do cálculo prescritivo para a obtenção da etiqueta do nível de eficiência energética é necessário levantar os dados relativos a todos os ambientes de permanência prolongada de todos os apartamentos existentes no edifício.

Esses dados referem-se à área útil do ambiente, pé-direito, área de paredes externas e internas, área transparente existentes nas paredes externas, percentual de ventilação permitido pelo tipo de abertura, absorvância e transmitância térmica das paredes externas e cobertura, além de coeficientes que indicam a presença ou a ausência de elementos de proteção solar, pilotis abaixo do ambiente, contato do ambiente com o solo ou ambiente adjacente localizado abaixo ou acima.

Uma vez extraídos os dados, eles são aplicados nas duas equações diversas. Uma que fornece os **graus-hora para resfriamento (GH_r)** e uma outra que fornece o **consumo relativo para aquecimento (C_a)**, sendo que ambas equações devem ser aplicadas para cada ambiente separadamente.

Depois de realizados os devidos cálculos, para cada ambiente teremos um valor de **GH_r** e outro para o **C_a** , que serão utilizados para encontrar o equivalente numérico para resfriamento e para aquecimento ($EqNumEnv_{amb_{resfr}}$ e $EqNumEnv_{amb_A}$) para cada ambiente, como se pode ver na Tabela 03 e 04:

Tabela 03: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para resfriamento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	$EqNumEnv_{amb_{resfr}}$	Condição
A	5	$GH_R \leq 727$
B	4	$727 < GH_R \leq 1.453$
C	3	$1.453 < GH_R \leq 2.180$
D	2	$2.180 < GH_R \leq 2.906$
E	1	$GH_R > 2.906$

Tabela 04: Equivalente numérico da envoltória do ambiente para aquecimento – Zona Bioclimática 4

Eficiência	$EqNumEnv_{amb_A}$	Condição ($kWh/m^2.ano$)
A	5	$C_A \leq 1,978$
B	4	$1,978 < C_A \leq 3,913$
C	3	$3,913 < C_A \leq 5,847$
D	2	$5,847 < C_A \leq 7,782$
E	1	$C_A > 7,782$

Em seguida, determina-se o equivalente numérico para resfriamento e aquecimento ($EqNumEnv_{resfr}$ e

EqNumEnv_A) da envoltória da unidade habitacional como um todo, ponderando os equivalentes numéricos encontrados anteriormente de acordo com as áreas úteis dos ambientes avaliados e, através da equação 1 obtemos o equivalente numérico da envoltória.

$$EqNumEnv = 0,68 \times EqNum_Resfr + 0,32 \times EqNumEnv_ \quad \text{Equação 02}$$

Por fim, determina-se o equivalente numérico da unidade habitacional como um todo, através da equação 2, que leva também em consideração o sistema de aquecimento de água que o edifício possui e eventuais bonificações. A partir do resultado desta equação, encontra-se o nível da eficiência energética através da tabela 3.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + \text{Bonificações} \quad \text{Equação 03}$$

Onde:

“a” é um coeficiente adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada e para a região de Brasília vale 0,65;

As bonificações são de dois tipos distintos: aquelas que se relacionam com aspectos projetuais da envoltória e aquelas ligadas às instalações do edifício.

Bonificações relativas à iluminação natural podem somar até 0,3 pontos, enquanto aquelas ligadas à ventilação natural podem somar até 0,4 pontos. Ambos quesitos são, obviamente relacionados ao projeto da envoltória, tais como tamanho e localização de aberturas, profundidade dos ambientes, etc.

Em contrapartida, bonificações ligadas ao uso racional de água, ao uso de lâmpadas e equipamentos eficientes, eficiência máxima no caso de condicionamento artificial e medição individualizada por unidade habitacional, podem somar até 0,8 pontos.

Tabela 05: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida (Fonte: RTQ-R, 2010)

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

Portanto, cada unidade habitacional do edifício terá um equivalente numérico que corresponderá a um nível de eficiência energética. A **etiqueta geral do edifício** é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas da edificação pela área útil das mesmas, excluindo terraços e varandas.

3.2. Avaliação dos edifícios

Para este estudo foram selecionados dois projetos para o bairro Noroeste, cedidos por uma construtora de Brasília. Devido à dificuldade em obter esse tipo de material para pesquisa, a seleção dos projetos foi feita de maneira que os mesmos tivessem origem de escritórios de arquitetura diferentes.



Figura 02: imagem ilustrativa do projeto multifamiliar 1

Figura. 01: localização do bairro Noroeste

(fonte: arquivo pessoal)

Este projeto se localiza na SQNW 309, e possui 72 apartamentos no total e uma área de projeção de 1024m². O edifício conta com garagem no subsolo, pilotis e 7 pavimentos, sendo que o sétimo andar faz parte da cobertura dos apartamentos localizados logo abaixo. Em cada pavimento existem 12 apartamentos, de 4 tipos diferentes.

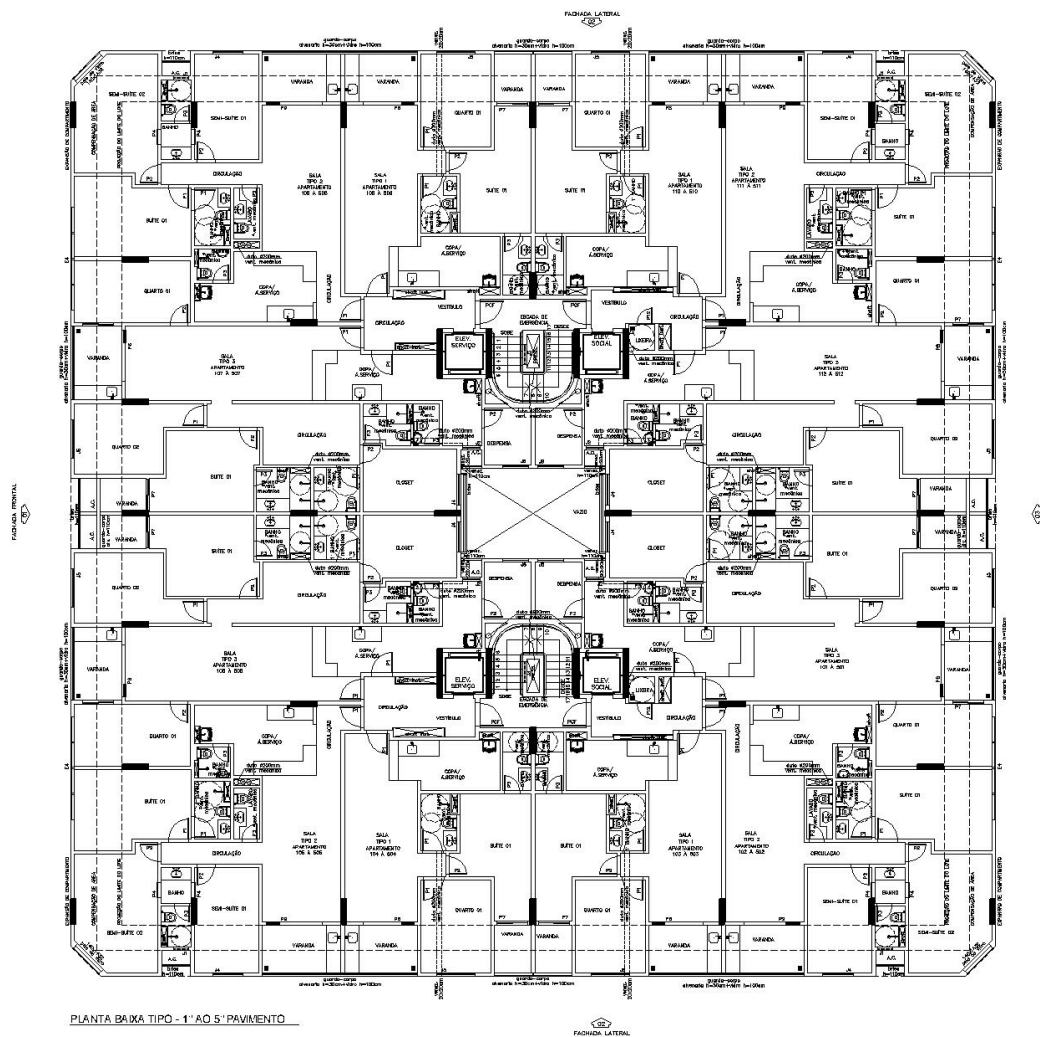
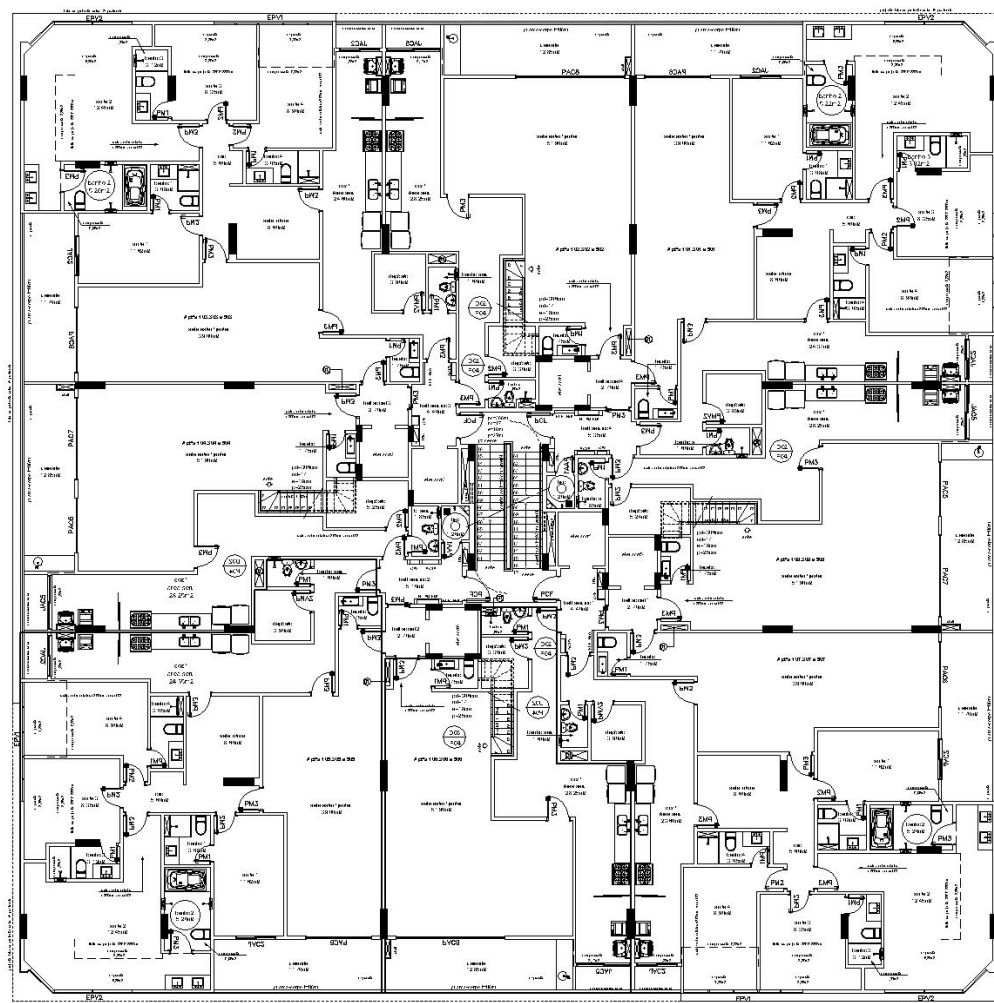


Figura 03: planta baixa do pavimento tipo do edifício multifamiliar 01 (fonte: arquivo pessoal)

O segundo projeto se localiza na SQNW 110, e possui um total de 36 apartamentos, sendo que 12 desses são duplex e 4 destes são triplex. O projeto conta com garagem, pilotis e cobertura de lazer para os apartamentos imediatamente abaixo dela, e apresenta uma área de projeção de 1024m².



Figura 04: imagem ilustrativa do projeto multifamiliar 2 (fonte: arquivo pessoal)



○ planta do 1º, 3º e 5º pavimento
 escala 1/75



0 1,5 3 4,5m

Figura 05: planta baixa de um pavimento tipo do edifício multifamiliar 02
 (fonte: arquivo pessoal)

Para a realização do cálculo do nível de Eficiência Energética pelo método prescritivo para a obtenção da etiqueta do nível de eficiência energética foi necessário levantar os dados relativos a todos os ambientes de permanência prolongada de todos os apartamentos existentes no edifício, como citado anteriormente.

Estes dados foram organizados em planilhas (uma para cada Unidade Habitacional) que geraram os resultados de graus-hora para resfriamento (GH_r) e consumo relativo para aquecimento (C_a) para cada ambiente de permanência prolongada.

Primeiramente, foram determinados os coeficientes que indicam a presença ou não de proteções solares nas aberturas do ambiente. O número “1” indica presença e o número “0” indica ausência. Logo em seguida, os coeficientes que indicam a posição vertical do apartamento, ou seja, se este se encontra em contato com o solo, com os pilotis, com a cobertura ou entre apartamentos. Novamente, neste caso o número “1” indica presença e o número “0” indica ausência de tal situação.

Em seguida, foram levantadas as áreas úteis dos ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional. Levantadas as áreas de paredes em contato com o exterior, sempre especificando a orientação de tais fechamentos (APambO, APambL, APambN e APambS), levantadas as áreas de aberturas translúcidas voltadas para o exterior, para cada ambiente, e da mesma forma, com a indicação da orientação (AAambO, AAambL, AAambN e AAambS). O próximo dado levantado refere-se ao percentual de ventilação permitido pelas aberturas dos referidos ambientes, tendo em conta que, por exemplo, uma janela de correr que obstrua

50% do seu próprio vão terá um fator de 0,5 neste item.

Na seqüência, foi realizada a somatória total das áreas de paredes voltadas para o externo em cada ambiente, independente da orientação, seguindo-se da somatória das áreas de paredes internas de cada ambiente.

Os demais dados estimados referem-se às características térmicas dos materiais de construção utilizados na cobertura e nas paredes. É importante citar que estes dados foram uniformizados para os dois prédios analisados. Isto porque, padronizando estas variáveis, esperava-se visualizar com maior clareza que outras variáveis atuariam de maneira decisiva no cálculo para a avaliação da eficiência energética de ambos os edifícios.

Os valores de transmitância das paredes e da cobertura dos edifícios foram obtidos a partir da relação de especificação de materiais usualmente utilizados pela construtora que cedeu os projetos para este estudo.

Para a transmitância da cobertura (U_{cob}), o valor foi calculado a partir da resistência térmica da seguinte composição de extrato: reboco interno de 0,015m, laje concretada de 0,12m de espessura, manta asfáltica de 0,08m de espessura e revestimento cerâmico de 0,005m. Notar que este valor somente é computado em ambientes que façam limite com a cobertura.

Para as paredes externas (U_{par}), o valor de 2,85 W/m²K foi calculado a partir da resistência térmica da seguinte composição de extrato: reboco interno de 0,015m, bloco de concreto furado de 0,14m de largura, reboco externo de 0,015m. Os revestimentos externos foram considerados, através de uma ponderação por área da presença de material cerâmico, granito e massa texturizada presentes nos edifícios.

Sobre os dados de absorvância, estes foram calculados a partir do estudo de Dornelles e Roriz (2007), por base na ponderação por área das cores presentes nos elementos de fechamento opacos nas fachadas. Como pode-se notar nas imagens ilustrativa dos dois projetos, as cores utilizadas nessas superfícies são bastante próximas, e variam do tom bege das áreas de massa texturizada (de valor aproximado 0,52), ao marrom escuro do granito (de valor aproximado 0,78). A ponderação resultou no valor de absorvância (α) igual a 0,65. O mesmo procedimento determinou a absorvância da cobertura.

O cálculo da capacidade térmica das paredes foi obtido através do software online da Universidade de Campinas – Unicamp (www.fec.unicamp.br/~damore/conforto27).

Existem ainda, nas planilhas para cada apartamento, dois itens que se referem à presença de paredes com capacidade térmica alta ou baixa. No regulamento são consideradas paredes de capacidade térmica alta aquelas com valores acima de 250 kJ/(m²K), e de capacidade térmica baixa aquelas com valores abaixo de 50 kJ/(m²K). Como o valor obtido de 208,65 kJ/(m²K), as paredes não são consideradas nem de capacidade térmica alta nem baixa, por isso, em todos os casos, os valores atribuídos a esses itens equivale a 0 (zero).

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Etiqueta do nível de eficiência energética dos edifícios

Ao fim do processo de cálculo, após encontrar o equivalente numérico de todas as unidades habitacionais e realizar a ponderação destes pela área total dos ambientes do edifício, a **envoltória** do edifício multifamiliar 1 teve sua classificação apontada como “**D**”, ao passo que a envoltória do edifício multifamiliar 2 foi classificada como “**C**”.

Depois deste passo, os pré-requisitos foram avaliados, permitindo ou não que a envoltória mantivesse a classificação alcançada. O edifício multifamiliar 1 permaneceu na sua zona de classificação, enquanto o edifício multifamiliar 2 teve sua classificação alterada para “**D**”, por uma grande quantidade de ambientes não atenderem aos pré-requisitos de ventilação efetiva, ou seja, não apresentarem área de abertura desobstruída suficiente para ventilação.

Para a zona bioclimática de localização do projeto (ZB04) os valores para transmitância térmica devem ser inferiores a 3,70 W/(m²k) para paredes com absorvância igual ou inferior a 0,6 ou superiores a 2,5 W/(m²k) para paredes com absorvância superior a 0,6.

Para coberturas, o regulamento especifica valores inferiores a 2,3 W/(m²k) para superfícies com absorvância com valor igual ou superior a 0,6 ou 1,5 W/(m²k) para coberturas com absorvância superior a 0,6.

A transmitância das paredes externas, estimada em 2,85 W/(m²k), satisfaz as condições impostas pelo regulamento.

Para a zona bioclimática 04 exige-se que a capacidade térmica das paredes externas esteja acima de 130 kJ/(m²k), valor alcançado com êxito pelos edifícios.

Sobre a exigência relativa à área de aberturas para ventilação de cada ambiente, o regulamento estabelece um coeficiente “**A**” o qual deve apresentar valores superiores a 8 na zona bioclimática 04. Seguindo esta indicação, 56 ambientes do **edifício 1** não alcançaram o coeficiente mínimo para ventilação

efetiva, porém, o não cumprimento deste requisito não chegou a alterar a classificação final do edifício 1.

No **edifício 2**, onde 62 ambientes não alcançaram o coeficiente mínimo, esta mesma indicação causou o rebaixamento da classificação do edifício de “C” para “D”.

Visando atender condições de conforto e higiene, a unidade habitacional deve apresentar condições para o escoamento do ar através de aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas do edifício. Tais aberturas devem obedecer a uma proporção mínima, onde a razão entre a área da menor abertura e a maior abertura deve ser maior ou igual a 0,25.

Assim, devido não apresentar ventilação cruzada, as unidades habitacionais deste edifício não podem apresentar um nível de classificação maior que “C”. Portanto, as unidades que haviam apresentado nível de eficiência “B” ou “A” foram rebaixadas a “C” nos dois edifícios por esta razão. Também esta penalidade não interferiu no resultado previamente encontrado do nível de eficiência energética de ambos.

No que diz respeito à iluminação natural, o regulamento analisado apenas dispõe exigências para ambientes classificados como nível “A”. Portanto, foram verificados apenas aqueles ambientes que tenham alcançado tal classificação.

Para estes ambientes de permanência prolongada, fica determinado que a soma das áreas de abertura para iluminação natural deve corresponder a no mínimo 1/8 da sua área de piso. O não atendimento deste pré-requisito rebaixa o ambiente ao nível “C”.

Todos os ambientes do **edifício 1** que alcançaram nível “A” mantiveram suas classificações inalteradas por responderem ao pré-requisito. No edifício 2, apenas um ambiente foi rebaixado a “C” por não cumprimento.

Como dito anteriormente, a classificação final do edifício leva em consideração um dos aspectos mais importantes na eficiência energética de qualquer edificação, o sistema de aquecimento de água.

Ambos os edifícios apresentam em seus projetos indicações de que haverá um sistema de aquecimento solar da água, porém este sistema não foi detalhado, o que impossibilita a avaliação com base no regulamento.

Por este trabalho visar principalmente a avaliação do projeto de arquitetura, que por sua vez é crucial na eficiência energética da envoltória, foram projetados dois cenários diversos baseados em uma suposta eficiência do sistema de aquecimento. No primeiro cenário, foi estabelecido que os sistemas de aquecimento alcançassem **nível “A”**. Neste caso, após a aplicação da equação 02, os edifícios alcançariam uma etiqueta **nível “C”**. No segundo cenário, supôs-se que os sistemas de aquecimento alcançassem **nível “B”**. Neste caso, os edifícios alcançariam uma etiqueta **nível “D”**.

5. CONCLUSÕES

A partir da análise dos dois edifícios através do método prescritivo do RTQ-R, concluiu-se que ambos os projetos, pensados para este bairro dito “ecológico” deixam a desejar no quesito eficiência energética, pois não levam em consideração o clima local para a implementação de premissas básicas para este fim no desenho de suas envoltórias.

Notoriamente, a grande maioria das penalizações aplicadas aos edifícios nos cálculos prescritivos poderia ser evitada se aspectos fundamentais para a eficiência e conforto dos ambientes para o clima de Brasília fossem valorizados, ou mesmo considerados no projeto.

Analisando as equações que resultaram nas etiquetas, testando variações nas mesmas, foram identificadas que as maiores penalizações ocorridas na avaliação dos projetos se deram, principalmente, à ausência de ventilação cruzada, à quantidade de paredes voltadas para o exterior em cada ambiente (variante ligada à compactidade do ambiente e ao conseqüente aumento das trocas térmicas), à grande quantidade de superfície envidraçada em determinados ambientes, à quase total ausência de proteções solares nas aberturas, e à presença, em larga escala, de aberturas de tipo maxim-ar, que dificultam enormemente a ventilação (representando, nas equações, um baixo percentual de ventilação – Fvent).

Também foi de grande influência os valores adotados para as transmitâncias e absorvâncias solar. Caso os valores para as transmitâncias fossem maiores e os valores para absorvância fossem menores, os resultados seriam mais positivos. Isto porque as equações contemplam estas indicações para a Zona Bioclimática de Brasília.

Pode-se notar que o RTQ-R tenta sincronizar aspectos de eficiência energética e conforto térmico na sua avaliação. Isto pode ser concluído principalmente a partir das análises dos pré-requisitos mínimos para ventilação e iluminação natural dos projetos.

A respeito da etiqueta alcançada pelos edifícios, conclui-se que, a depender da eficiência dos sistemas de aquecimento e das eventuais bonificações que o projeto consiga comprovar, o nível da eficiência

pode variar consideravelmente.

Para exemplificar o potencial de tais variações, podemos supor que um edifício que tenha obtido uma classificação “E” na sua envoltória pode alcançar uma classificação máxima “C”, quando atingir o nível máximo de eficiência para o sistema de aquecimento de água e obter todas as bonificações possíveis. A partir desta consideração, algumas combinações de pontuação são possíveis, permitindo que o interessado em ter o edifício etiquetado possa se utilizar das estratégias de melhorias nos sistemas de aquecimento e bonificações (que podem chegar a 1 ponto na soma final) para compensar os prejuízos possíveis causados pelo projeto inadequado da envoltória.

Naquilo que toca as bonificações, percebe-se uma uniformidade na valorização de aspectos projetuais da envoltória e itens ligados às instalações de maneira geral, uma vez que o primeiro grupo pode somar 0,7 pontos e o segundo, 0,8 pontos.

Porém, a principal questão que o trabalho se propôs em responder estava relacionada ao “Manual Verde” do Noroeste, e se estes projetos conseguiriam alcançar o nível mínimo de eficiência energética exigida por ele (nível “C”).

Concluiu-se que tal condição de conformidade ou não conformidade dependeria de um nível de eficiência máximo do sistema de aquecimento de água ou da combinação entre uma boa eficiência do sistema de aquecimento de água e bonificações.

No entanto, embora seja possível alcançar a exigência mínima do Manual Verde valorizando os aspectos das instalações do edifício, foi concluído que, no tocante à envoltória, os projetos dos edifícios não contemplam os aspectos que visem a eficiência energética, e conseqüentemente não refletem a pretensão ecológica teórica do bairro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15220-2** - Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT. **NBR 15220-3** - Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO DISTRITO FEDERAL – TERRACAP. **Manual Verde: Plano de Gestão Ambiental de Implantação**. Brasília, 2009.
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 449, de 25 de novembro de 2010**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=1627>. Acesso em: 15 mar. 2010.
- CARLO, Joyce; LAMBERTS, Roberto. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento da etiquetagem de eficiência energética de edifício – parte 1: método prescritivo**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n.2, p. 7-26, abr./jun. 2010
- DORNELLES, K. A. ; RORIZ, Mauricio . **Influência das tintas imobiliárias sobre o desempenho térmico e energético de edificações**. In: X Congresso Internacional de Tintas, 2007, São Paulo. Anais do X Congresso Internacional de Tintas. ABRAFATI, São Paulo, 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Residenciais**. Publicado por meio do Anexo da Portaria N.º 449, de 25 de novembro de 2010
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores, São Paulo, 1997.
- GOLDEMBERG, J. **Energia ambiente & desenvolvimento**. Editora Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- SCHVARSBURG, A. **A construção do bairro Setor Noroeste feita pelo Correio Braziliense: uma análise do discurso do jornal a respeito do projeto, enquanto empreendimento imobiliário, projeto urbanístico, sócio-político e ambiental para a capital**. Universidade de Brasília, Brasília, 2009.